

REC'D 23 DEC 2003

WIPO PCT

대한민국 특허청  
KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0002751  
Application Number

출원년월일 : 2003년 01월 15일  
Date of Application JAN 15, 2003

출원인 : 엘지전선 주식회사  
Applicant(s) LG Cable Ltd.

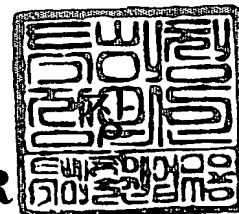
**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



2003 년 12 월 05 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

|            |   |
|------------|---|
| 【서류명】      | 특허출원서   |
| 【권리구분】     | 특허  |
| 【수신처】      | 특허청장  |
| 【제출일자】     | 2003.01.15  |
| 【발명의 명칭】   | 수정화학적상증착용 광섬유 모재 제조장치   |
| 【발명의 영문명칭】 | OPTICAL FIBER PREFORM MAKING APPARATUS FOR MODIFIED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION |
| 【출원인】      |   |
| 【명칭】       | 엘지전선 주식회사   |
| 【출원인코드】    | 1-1998-000283-2   |
| 【대리인】      |   |
| 【성명】       | 이상용   |
| 【대리인코드】    | 9-1998-000451-0   |
| 【포괄위임등록번호】 | 2001-018766-3   |
| 【대리인】      |   |
| 【성명】       | 김상우   |
| 【대리인코드】    | 9-2000-000210-2   |
| 【포괄위임등록번호】 | 2001-018768-8   |
| 【발명자】      |   |
| 【성명의 국문표기】 | 김재선   |
| 【성명의 영문표기】 | KIM, Jae-Sun  |
| 【주민등록번호】   | 740221-1120412  |
| 【우편번호】     | 143-835   |
| 【주소】       | 서울특별시 광진구 구의동 636-4   |
| 【국적】       | KR  |
| 【발명자】      |   |
| 【성명의 국문표기】 | 박지상   |
| 【성명의 영문표기】 | PARK, Ji-Sang   |
| 【주민등록번호】   | 760609-1149111  |
| 【우편번호】     | 135-802   |
| 【주소】       | 서울특별시 강남구 개포3동 주공아파트 606동 1206호   |
| 【국적】       | KR  |

## 【발명자】

【성명의 국문표기】

박래혁

【성명의 영문표기】

PARK, Lae-Hyuk

【주민등록번호】

650925-1156321

【우편번호】

150-778

【주소】

서울특별시 영등포구 신길동 삼성아파트 1동 510

【국적】

KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

이상용 (인) 대리인

김상우 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】

20 면 29,000 원

【가산출원료】

11 면 11,000 원

【우선권주장료】

0 건 0 원

【심사청구료】

27 항 973,000 원

【합계】

1,013,000 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

쿼츠튜브가 설치된 헤드스탁, 버블러 시스템 및 상기 헤드스탁과 상기 버블러 시스템을 연결하는 로터리 커넥터를 포함하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치에 있어서, 상기 헤드스탁은 열 배출구가 형성된 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 캐비닛 내에는 비활성 가스를 공급하여 상기 캐비닛 내부를 비활성 가스 분위기로 만들기 위한 비활성 가스토치가 설치되고, 상기 로터리 커넥터는 봉합 챔버에 의해 외부와 밀폐되어 비활성 가스 분위기로 유지되고, 상기 버블러 시스템은 철제 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 철제 캐비닛 내에는 비활성 가스가 공급되어 상기 버블러 시스템을 비활성 가스 분위기로 유지하기 위한 비활성 가스토치가 설치된다.

**【대표도】**

도 4

**【색인어】**

가스정제기, 광섬유, 비활성 가스, 수정화학기상증착

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치{OPTICAL FIBER PREFORM MAKING APPARATUS FOR MODIFIED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION}

## 【도면의 간단한 설명】

본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 종래 기술에 따른 수정화학기상증착장치를 도시하는 도면.

도 2는 수정화학기상증착공법에서 증착된 다공성 실리카에 수분이 흡착된 상태를 도시하는 도면.

도 3은 종래 기술에 따른 로터리 커넥터 및 관련 부품을 나타내는 개략도.

도 4는 본 발명에 따른 광섬유 모재 제조장치를 도시하는 도면.

도 5는 도 4의 로터리 커넥터 및 관련 부품을 나타내는 개략도.

도 6은 도 4에 도시된 버블러 시스템을 도시하는 확대도.

도 7은 본 발명을 이용하여 제작된 광섬유의 파장손실을 나타내는 그래프.

## &lt;도면 주요 부분에 대한 부호의 설명&gt;

10..캐비닛

11..쿼츠튜브

16..열 배출구

20..헤드스탁

22..로터리 커넥터

26..퍼징라인

30..봉합챔버

36..조절부

40..버블러 시스템

42..버블러

44..철제 캐비닛

46..자외선 램프

47..유량제어기

50,50a,50b..비활성 가스토치

## 【발명의 상세한 설명】

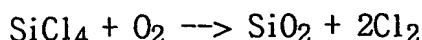
## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

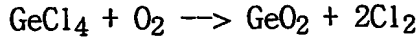
<15> 본 발명은 광섬유 모재(preform)를 제조하는 장치에 관한 것이며, 보다 상세하기는 수정 화학기상증착(Modified Chemical Vapor Deposition; MCVD)을 이용한 광섬유 모재 제조공정에서 외부의 수분 및 기타 불순물의 유입을 막고 반응케미컬의 수분 및 수소성분을 감소시킴으로써 증착 및 소결과정에 있어서 발생하는 모재 내부의 수분을 감소 및 제거하고, 불완전한 화학적 반응을 최소화시킴으로서 1383nm에서 발생하는 -OH기에 의해 발생하는 흡수 손실을 줄여 1340-1420nm의 파장대역을 사용하여 전 파장대역에서 사용할 수 있는 광섬유를 제조하고, 제조된 광섬유에서 코어 및 클래드의 밀도, 조성 및 굴절률의 미세한 불균일현상을 억제함으로써 이로 인하여 발생하는 산란손실을 감소시키는 광섬유 모재 제조장치에 관한 것이다.

<16> 수정화학기상증착(MCVD)은 고순도의 실리카를 쉽고, 저렴하게 제조할 수 있다는 장점으로 많은 광섬유 제조회사에서 사용하고 있는 방법이다. MCVD법은 반응케미컬들과 반응가스를 퀴츠튜브 내부로 흘려주고 외부에 H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 토치로 열원을 공급함으로써 반응식 1 및 2와 같은 반응에 의해 퀴츠튜브 내벽에 실리카 입자가 증착되고 동시에 소결이 이루어지면서 고순도의 실리카가 제조된다.

## &lt;17&gt; 【반응식 1】

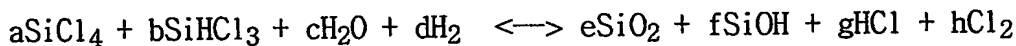


## &lt;18&gt; 【반응식 2】

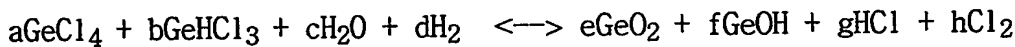


<19> 그러나 실제 MCVD공정에서 반응케미컬 및 가스내부에는 수분 및 수소성분 및 기타 전이 금속 불순물이 소량 잔존하고 있다. 특히 수분 및 수소 성분은 반응케미컬 및 반응가스에 포함된 것뿐만이 아니라, MCVD장치에서 도 1에서 보는 바와 같이 퀴츠튜브(1), 가스배출구(3), 로터리 커넥터(4), 버블러 시스템(5)이 수분이 유입되는 주된 경로이며, 이를 통해 유입되는 수분 및 수소성분은 반응식 3 및 4와 같이 복잡한 화학 반응에 참여한다.

## &lt;20&gt; 【반응식 3】



## &lt;21&gt; 【반응식 4】



<22> 이러한 반응은 증착효율을 감소시킬 뿐만 아니라 실리카 구조 내에 잔존함으로써 수산기를 형성하고, 형성된 수산기는 1383nm에서의 손실을 증가시킨다. 문헌"Partition of hydrogen in the modified chemical vapor deposition process, J.Am.Ceram.Soc, vol64, p325-327" 및 "Incorporation of OH in glass in the MCVD process, J.Am.Ceram.Soc., vol62, p638-640"에 나와 있는 바와 같이, 반응케미컬 및 반응가스에 함유된 수분 및 수소 성분은 MCVD공정에서 증착 반응에 참여하여 수산기를 형성함을 나타내고 있으며, 반응케미컬 내의 수분 및 수소성분의 양이 증가함에 따라 증착층에 함유된 수산기(OH)량이 증가함을 보이고 있다. 이러한 수산기를

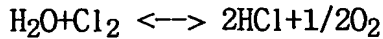
생성하는 반응은 상대적으로 앞에서 언급한 바와 같이 증착효율을 감소시키기 때문에 국부적으로 증착된 실리카의 밀도 및 조성의 차이를 야기할 수 있으며, 이러한 차이는 굴절률의 불균일을 야기함으로써 광섬유의 산란손실을 증가시키는 이유가 될 수도 있다.

<23> 한편, 광섬유용 모재의 제조 방법 중 OVD 및 VAD 공정의 경우는, MCVD법과는 달리, 다공성 실리카 미립자를 증착하고 증착된 상태에서 수분 및 수소 성분을 제거할 수 있는 추가 공정을 삽입하기가 용이하다. 따라서  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{SOCl}_4$  등과 같은 건조가스 분위기의 밀폐된 로 내에서 적절한 열처리를 통하여 증착시 발생된 수분 및 수소 성분을 제거하고, 로의 온도분포를 균일하게 통제함으로써 증착된 실리카의 국부적인 밀도 및 조성의 불균일현상을 제거할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 완전하게 수분을 제거하는 것은 쉽지 않다. 이와 같은 원인은 OVD 및 VAD는 다공성 실리카 미립자 상태로 증착이 되기 때문에 이러한 상태는 표면적이 매우 크고, 이에 따라 표면 에너지가 크고 많은 기공을 가지고 있기 때문에 주위 환경에서 유입되어지는 수분 및 수소 성분이 쉽게 표면에 쉽게 흡착되고, 흡착된 수분은 기공을 통해 쉽게 침투되어져 쉽게 오염되기 때문이다. 이러한 오염을 방지하기 위하여 종래에는 증착 및 소결을 같은 로 내에서 함으로써 수분의 흡착을 막거나, 대기중의 수분을 엄격하게 통제함으로써 증착 공정 중에 수분의 유입을 막고 있다.

<24> MCVD법의 경우는 퀴츠튜브 내부에서 반응케미컬과 가스간의 반응에 의해 입자를 생성하게 되고 생성된 입자는 퀴츠튜브 내벽에 증착하여 동시에 소결한다. 이러한 과정에서 MCVD법의 경우는 반응식 1 및 2의 증착반응과 하기의 반응식 5와 같은 탈수반응이 동시에 일어나며 고순도의 실리카를 쉽게 얻을 수 있다. 그러나 증착반응과 탈수 반응이 동시에 일어나기 때문에, 불안정한 수분의 유입이 있을 경우 탈수반응의 효율이 달라지기 때문에 증착층에서의 수산기의 양이 달라진다.



## &lt;25&gt; 【반응식 5】



<26> OVD나 VAD법과는 달리 MCVD 공법에서는 생성된 수분 및 수소 성분을 완전히 제거하기 위한 공정을 추가하기가 용이하지 않으며, 퀴츠튜브 내부에서 일어나는 화학반응은 반응케미컬 및 반응가스에 포함되는 수분 및 수소성분, 그리고 MCVD장치에서 발생하는 대기의 수분 및 수소의 유입이 발생하여, 이들이 화학적 반응에 참여할 경우 이를 통제할 수 있는 방법이 없는 문제가 있다. 개량된 MCVD법에서 OVD나 VAD법에서와 같이 수분을 완전히 제거하기 위해 저온 증착을 통해 다공성 실리카로 증착을 한 후  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{SOCl}_2$  등의 건조가스를 흘려주는 탈수 공정을 추가하는 방법이 제안된 바 있다. 이 경우 다공성 실리카의 형태로 증착이 이루어지기 때문에 표면적이 큰 상태이다. 이러한 상태는 건조가스를 흘려주는 탈수 공정시 또는 다공성 실리카(6)의 소결 공정이 이루어 질 때 가스 내의 수분 및 기타 대기 중에 유입되어지는 수분이 도 2에서 보는 바와 같이 쉽게 흡착하게 되거나, 수분의 재오염 및 탈수반응의 역반응을 증가시킬 수 있으며, 대기의 수분 유입은 일정하게 이루어지는 것이 아니기 때문에 제품의 재현성에 문제가 있을 수 있다. 따라서 비록 MCVD법의 경우 퀴츠튜브 내에서 화학반응이 이루어지고, OVD나 VAD법에 비하여 상대적으로 고순도의 반응케미컬 및 반응가스를 사용하기 때문에 대기의 수분 또는 반응케미컬 및 가스의 수분 및 불순물의 영향이 적다고 할 수 있지만, 회전체 부분이나 튜브 접착부분, 배기 부분 등을 통해 대기로부터 수분이 유입될 가능성이 크다. 또한, 수분이 일단 유입될 경우, 완전히 배기 부분으로 제거가 되지 않고 증착반응에 유입될 확률이 크다. 또한 반응케미컬의 전송부분이나 버블러 시스템에서 발생하는 케미컬 및 가스의 오염 또한 발생하여, 퀴츠튜브 내의 화학적 반응에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 문제는 저온

실을 위한 광섬유용 모재 및 모재 증착층 내의 수분을 1ppb이하로 감소시키는데 있어서 뿐만 아니라 제조되는 제품의 안정적인 생산에 있어서도 중요한 문제라고 할 수 있다.

- <27> 상술한 수분 또는 수소의 침투는 특히 로터리 커넥터(4)와 관련된 부분에서 특히 심각하다. 도 3에는 종래 기술에 의한 로터리 커넥터(4) 및 그 주변 부품이 도시되어 있다.
- <28> 로터리 커넥터(4)는 MCVD 장치에 있어서 반응케미컬 및 가스의 전송 배관과 튜브의 회전을 담당하는 회전체간의 연결부분으로서, MCVD장치 선반의 회전체가 위치한 부분인 헤드스탁(7)과 반응케미컬이 유입되는 반응가스 인입관(8)을 연결한다. 로터리 커넥터(4)에는 또한 펌핑라인(9)이 달려있다. 이러한 로터리 커넥터(4)는 회전체와 고정체간의 연결부분이므로 완전하게 대기와 차단하는 것이 어렵고, 장시간 사용 시 마찰로 인한 연결부분의 마모 및 변형으로 인하여 MCVD장치에 있어서 대기의 수분 및 불순물의 유입이 가장 용이한 곳이다. 따라서 이러한 연결부분에서 대기의 수분 및 기타 불순물의 유입을 막는 것이 저 손실 광섬유를 제조함에 있어서 매우 중요하다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <29> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 대기의 수분 및 수소가스가 반응영역으로의 유입을 막고 또한 반응케미컬 및 가스의 전송부분 및 버블러 시스템에서의 외부 수분유입에 의한 오염을 막을 수 있는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치를 제공하는 것이다.
- <30> 수정화학기상증착법(MCVD)은 싱글모드광섬유용 모재의 제조방법으로 퀴츠튜브 내부표면에 증착과 소결이 동시에 이루어진다. 이러한 수정화학기상증착법은 고순도의 실리카를 쉽고 저렴하게 제조할 수 있다는 장점이 있으나 증착과 소결이 동시에 이루어지기 때문에 짧은 시간

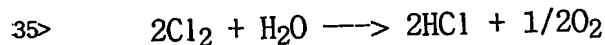
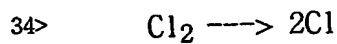
안에 일어나는 화학적 반응을 임의로 통제하는데 어려움이 있고, 증착되는 실리카의 순도는 반응체미컬 및 가스의 순도에 크게 의존한다. 이러한 문제점은 광섬유용 모재 제조시 증착층 내의 수분을 완벽히 제거하여 1383nm파장에서의 손실을 줄이는데 어려움을 발생시키고, 증착층에 포함되는 불순물 또는 화학반응의 불균일로 인하여 국부적으로 발생하는 밀도차이 또는 조성의 차이, 굴절률의 차이를 야기하여 광섬유의 산란손실을 증가시킨다. 따라서 수정화학기상증착법을 통한 저손실 광섬유 혹은 전 파장대역 모두를 사용할 수 있는 수산기가 없는(OH-free) 광섬유를 제조하기 위해서는 수정화학기상증착 공정 전체에서 불균일한 화학반응을 야기할 수 있는 수분 및 기타 불순물을 통제하는 것이 절대적으로 필요하다. 따라서 본 발명은 전 파장대역에서 사용할 수 있는 단일 모드 OH-free 광섬유 제조 공정뿐만 아니라 일반적인 단일 모드 광섬유 제조 공정에서 사용되는 수정화학기상증착법의 외부 수분 및 불순물을 통제할 수 있는 방법 및 장치를 적용함으로써 광섬유용 모재 제조공정시 균일한 화학반응 및 유입되는 수분의 양을 줄임으로써 1383nm에서 발생하는 수산(OH)기에 의한 손실을 감소시키고, 이 뿐만 아니라 광섬유의 산란손실을 감소시키는데 그 목적이 있다.

<31> 한편, OVD, VAD법의 경우는 다공성 실리카입자를 증착한 후 폐쇄된 로 내에서 탈수 및 소결공정을 진행하기 때문에 다공성 실리카 주위의 대기를 수분이 없는 상태 또는 건조가스 분위기로 유지하기가 용이하나 MCVD법의 경우는 내부증착공정이며 매층에서 증착과 소결이 이루어지기 때문에 공정의 분리가 어렵다. 이러한 이유로 MCVD 공정에서 반응영역에서의 분위기를 일정하게 조절하는 것은 어렵다. 따라서 본 발명은 MCVD장치에 있어서 수분 및 수소성분의 유입이 가능한 각 부분을 비활성 가스인  $N_2$ , He, Ar등을 사용하여 분위기를 유지한다.

<32> 또한, 주로 쿼츠로 이루어져 있는 버블러 시스템은 쿼츠 버블러와 배관사이의 결합을 완전히 봉합하기가 어렵기 때문에 대기의 수분의 유입이 용이한 부분이다. 따라서 이러한 부분

에서의 대기 수분 및 수소 성분의 유입, 그리고 반응케미컬을 일정한 순도로 유지하기 위하여, 본 발명은 문헌 "Optical fiber communication, volumel: Fiber fabrication, academic press, p16-17"을 참조하여 반응식 6과 같은 광화학적 반응을 이용한 방법으로 150nm-400nm 파장영역을 가지는 자외선 램프를 사용하여 쿼츠버블러에 연속적으로 방사함으로써 쿼츠버블러 내의 반응케미컬의 수분을 제거, 순도를 일정하게 유지하는 방법을 적용한다.

### 33> 【반응식 6】

$$h\nu$$


### 【발명의 구성 및 작용】

36>      상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치는 쿼츠튜브가 설치된 헤드스탁, 버블러 시스템 및 상기 헤드스탁과 상기 버블러 시스템을 연결하는 로터리 커넥터를 포함하고, 상기 헤드스탁은 열 배출구가 형성된 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 캐비닛 내에는 비활성 가스를 공급하여 상기 캐비닛 내부를 비활성 가스 분위기로 만들기 위한 비활성 가스토치가 설치된다.

<37>      바람직하게, 상기 비활성 가스토치는 평형 다중 분사구 형태를 갖는다.

<38>      또한, 상기 비활성 가스토치에 의해 분사되는 비활성 가스의 분사압력은 수정화학기상증착공정에서 화염의 형태 및 상기 쿼츠튜브에 전달되는 온도에 영향을 주지 않는 값으로 선택되는 것이 바람직하다.

- > 또한, 상기 비활성 가스토치에는 비활성 가스 내의 수분 함량을 조절하기 위한 가스정제기가 설치될 수 있으며, 이 가스정제기는 비활성 가스 내의 수분 함량을 100ppm 이하로 유지시키는 것이 바람직하다.
- <0> 또한, 상기 비활성 가스는  $N_2$ , He, Ar 중에서 선택된다.
- <1> 이때, 상기 로터리 커넥터는 봉합 챔버에 의해 외부와 밀폐되는 것이 바람직하고, 상기 봉합 챔버에는 비활성 가스의 유입 및 유출을 위한 유입관 및 유출관이 형성되어 상기 봉합 챔버의 내부는 비활성 가스 분위기로 유지되는 것이 또한 바람직하다.
- <2> 이때, 상기 유입관에는 비활성 가스 내의 수분 함량을 조절하기 위한 가스정제기가 설치될 수 있으며, 상기 봉합 챔버에 유입되는 비활성 가스의 수분 함량은 10ppm 이하로 유지되는 것이 바람직하다.
- <3> 또한, 상기 봉합 챔버 내의 압력은 0.5~1.5atm으로 유지되는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 상기 봉합 챔버 내의 압력은 대기압보다 10%를 초과하지 않는다.
- <4> 또한, 상기 버블러 시스템은 철제 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 철제 캐비닛 내에는 비활성 가스가 공급되어 상기 버블러 시스템을 비활성 가스 분위기로 유지하기 위한 비활성 가스토치가 설치되는 것이 바람직하다.
- <5> 이때, 상기 비활성 가스토치는 평형 다중 분사구 형태를 갖는 것이 바람직하다.
- <6> 또한, 상기 철제 캐비닛에는 상기 버블러 시스템 내의 수소 또는 수소 불순물을 제거하기 위해 자외선을 방사하는 자외선 램프가 설치될 수 있으며, 상기 자외선 램프에 의해 방사되는 자외선은 400nm 이하의 파장대를 갖거나, 수분, 수산기, 수소 및 수소 불순물 제거는 가능하나 반응케미컬의 유량조절특성에는 영향을 주지 않는 파장대를 갖는 것이 바람직하다.

- 7> 다른 대안으로는, 상기 철제 캐비닛에는 상기 버블러 시스템 내의 수소 또는 수소 불순물을 제거하기 위해 레이저를 방사하는 레이저 발생장치가 설치될 수 있으며, 상기 레이저 발생장치에 의해 방사되는 레이저는 400nm 이하의 파장대를 갖거나, 수분, 수산기, 수소 및 수소 불순물 제거는 가능하나 반응케미컬의 유량조절특성에는 영향을 주지 않는 파장대를 갖는 것이 바람직하다.
- 18> 이때, 상기 철제 캐비닛 내에서 비활성 가스 내의 수분 함량은 10ppm 이하로 유지되는 것이 바람직하며, 상기 철제 캐비닛 내의 압력은 0.5~1.5atm으로 유지되거나, 대기압보다 10%를 초과하지 않는 것이 또한 바람직하다.
- 49> 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 퀴츠튜브가 설치된 헤드스탁, 버블러 시스템 및 상기 헤드스탁과 상기 버블러 시스템을 연결하는 로터리 커넥터를 포함하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치에 있어서, 상기 헤드스탁은 열 배출구가 형성된 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 캐비닛 내에는 비활성 가스를 공급하여 상기 캐비닛 내부를 비활성 가스 분위기로 만들기 위한 비활성 가스토치가 설치되고, 상기 로터리 커넥터는 봉합 챔버에 의해 외부와 밀폐되어 비활성 가스 분위기로 유지되고, 상기 버블러 시스템은 철제 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 철제 캐비닛 내에는 비활성 가스가 공급되어 상기 버블러 시스템을 비활성 가스 분위기로 유지하기 위한 비활성 가스토치가 설치되는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치가 제공된다.
- <50> 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하

는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

- 51> 도 4는 본 발명에 따른 수정화학기상증착(Modified Chemical Vapor Deposition; MCVD)용 광섬유 모재 제조장치의 구성을 보여주는 도면이다. 본 발명의 광섬유 모재 제조장치는 MCVD 장치에 있어서 반응영역 및 반응케미컬 및 가스부분의 대기 수분 및 수소 성분의 오염을 막을 수 있도록 개선되었다.
- 52> 도 4를 참조하면, 본 발명의 광섬유 모재 제조장치는 수정화학기상증착용 캐비닛(10)에 자체적인 열 배출구(16)를 가지고 있으며, 그에 따라 광섬유 모재 제조장치 주위에 대기의 흐름이 존재한다.
- 53> 캐비닛(10) 내에는 헤드스탁(20)이 설치되며, 헤드스탁(20)에는 퀴츠튜브(11)가 설치된다. 퀴츠튜브(11)의 양단에는 반응가스 인입구(12)와 가스배출구(14)가 형성된다. 또한, 헤드스탁(20)에는 퀴츠튜브(11)에 연결되는 로터리 커넥터(22)가 설치되며, 로터리 커넥터(22)에는 버블러 시스템(40)이 연결된다.
- 54> 본 발명에서, 캐비닛(10) 내의 대기는 수분과 수소성분을 수ppm-수천ppm의 일정한 농도로 조절한 비활성 가스( $N_2$ )로 대체된다. 대기를 비활성 가스로 대체하는 방법으로는 캐비닛(10)의 하단 소정 위치에 질소 분사구가 형성된 비활성 가스토치(50)를 설치한다. 질소 분사구가 형성된 비활성 가스토치(50)는 본 발명의 장치의 넓은 부분을 담당해야 하므로 평형 다중 분사구 형태를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 본 발명의 광섬유 모재 제조장치 내부에 비활성 가스인 질소의 일정 흐름을 제공하기 위하여 캐비닛(10) 상단에 압축공기를 이용한 에어

커튼을 사용하면 유리하다. 에어커튼 사용할 때에는 수정화학기상증착을 위한 화염에 영향을 주지 않도록 해야 한다.

- 5> 그리고 질소를 분사하는 비활성 가스토치(50)에는 퓨리파이어와 같은 가스정제기(52)를 설치하여, 질소가스 내의 수분을 제거 또는 일정하게 유지하는 것이 바람직하다. 이때, 가스정제기(52)에 의해 통제되는 질소가스 내의 수분함량은 100ppm 이하인 것이 또한 바람직하다. 이와 같이 MCVD를 위한 부품 주위를 질소 분위기로 유지시킴으로서 가스배출구(14), 퀴츠튜브(11)와 반응가스 인입구(12)의 접합부에서 수분 및 수소 성분의 유입되는 것을 막을 수 있다.
- 56> 실제 광섬유용 모재 제조에 있어서 이러한 분위기는 광섬유 손실에 크게 영향을 미치지 않을 수 있다. 그러나 MCVD법 개량을 통하여 수분이 완전히 제거된 OH-free광섬유를 제조하는 관점에 있어서 수산기에 의한 흡수 손실이 0.05dB/km 증가하기 위해서는 광섬유 코어내의 수산기의량은 약 0.8ppb로 아주 극미량이다. 그러므로 이러한 극미량의 수산기를 통제하기 위해서는 대기 중의 수분 또한 엄격히 관리해야 한다.
- 57> 도 5는 반응케미컬 및 가스의 전송 배관과 튜브의 회전을 담당하는 회전체간의 연결 메커니즘을 도시한다. 이 메커니즘은 MCVD용 선반의 회전체가 위치한 부분인 헤드스탁(20)과 반응케미컬이 유입되는 반응가스 인입관(24)을 연결하는 로터리 커넥터(22)로 구성된다. 로터리 커넥터(22)에는 퍼징라인(26)이 달려있다.
- 58> 종래에 이러한 로터리 커넥터(22)는 완전하게 대기와 차단하는 것이 어렵고, 장시간 사용 시 마찰로 인한 연결부분의 마모 및 변형으로 인하여 대기의 수분 및 불순물의 유입이 가장 용이한 곳이었다. 따라서 이러한 대기의 수분 및 기타 불순물의 유입을 막기 위해 본 발명에서는 주로 리크가 발생하는 로터리 커넥터(22)의 주변에 봉합챔버(30)를 설치하고, 봉합챔버(30)의 내부를 비활성 가스분위기로 유지하도록 한다.



- ▶ 봉합챔버(30)는 알루미늄, SUS, 주석, 동 등의 금속재질 또는 아크릴과 같은 플라스틱 재질로 제작되며, 질소가스의 유입 및 유출을 위한 유입관(32)과 유출관(34)이 일측에 형성된다. 또한, 질소가스 유입관(32)에는 봉합챔버(30) 내의 압력을 조절하기 위한 조절부(36)가 설치되어 주입되는 가스의량을 조절할 수 있는 것이 바람직하며, 조절부(36)로는 레귤레이터 또는 니들밸브 등이 사용 가능하다.
- 10> 또한, 봉합챔버(30) 내로 유입되는 가스는 부가적인 가스정제기(28; 도 4 참조)를 통하여 한번 더 정제될 수 있다. 상술한 가스정제기(28)는 유입되는 가스내의 수분을 10ppm이하로 유지하는 것이 바람직하다.
- 51> 봉합챔버(30)에는 또한 압력계(38)를 설치하여, 봉합챔버(30) 내부의 압력을 관찰할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- 62> 이와 같이 설치된 봉합챔버(30)는 MCVD 선반의 헤드스탁(20)에 고정되어 움직임이 없도록 해야 하며, 움직임이 있을 경우 로터리 커넥터(22) 주위의 압력이 불균일하여 튜브 내압에 영향을 줄 수 있다. 또한 불균일한 압력뿐만 아니라 과도한 압력이 가해질 경우도 마찬가지로 증착 및 소결공정에서 튜브의 내압에 영향을 주기 때문에, 봉합챔버(30) 내부의 압력은 대략 0.5~1.5atm으로 유지되며, 보다 바람직하게는 대기압보다 10%이상으로 높아지지 않게 설정된다.
- <63> 이러한 봉합챔버(30)를 사용함으로써, 앞에서 설명한 바와 같이 대기의 과도한 수분의 유입을 막고, 또한 수분의 유입이 억제되기 때문에 MCVD의 반응영역에서의 반응의 불완전성을 해소할 수 있게 된다. 따라서, 이는 증착층 내에 수산기의 형성을 억제하여 저손실 광섬유를 제조하고, 제품의 재현성을 확보할 수 있게 된다.

- 도 6은 본 발명에 따른 버블러 시스템(40)을 도시한다. 버블러 시스템(40)은 철제 캐비닛(44) 내부에 버블러(42)가 위치하도록 구성된다. 버블러(42)의 상단에는 반응케미컬과 가스의 유량을 조절하기 위한, 흔히 MFC로 불리는 유량제어기(47)가 위치하고 있다. 유량제어기(47) 또한 캐비닛(44) 내부에 설치되어 대기와 차단된다.
- 일반적으로 퀴츠 버블러의 경우, SUS 배관과의 결합부분 및 퀴츠라인 사이는 테프론으로 연결되어 있다. 그러나 이러한 부분들은 리크가 없이 완전하게 연결하는 것이 어렵기 때문에 언제나 대기의 수분 또는 기타 불순물이 유입될 수 있는 소지를 가지고 있다. 따라서 이 부분의 리크를 막음으로써 사용되는 반응케미컬의 오염을 막는 것이 중요하다.
- 이러한 관점에서, 본 발명에서는 철제 캐비닛(44)에 실리콘 접착제 또는 고무 패킹을 사용하여 리크를 차단하고, 리크를 차단한 후에 철제 캐비닛(44) 내부를 질소 분위기로 유지하기 위하여 비활성 가스토치(50a, 50b)를 설치한다. 비활성 가스토치(50a, 50b)는 도 4의 캐비닛(10)에 설치된 비활성 가스토치(50)와 실질적으로 동일한 또는 유사한 것을 사용하며, 평형 다중 분사구 형태를 갖는 것이 바람직하다. 또한, 철제 캐비닛(44)에는 비활성가스 배출구(45)를 설치하여 버블러 시스템(40) 내부를  $N_2$ , He, Ar과 같은 비활성 가스 분위기로 유지한다.
- 버블러 시스템(40) 내에는 또한 반응케미컬의 추가적인 정화장치로서 자외선을 방사하는 자외선 램프(48)가 설치될 수 있다. 자외선 램프(48)는 400nm 이하, 바람직하게는 150nm-400nm의 파장대역을 가지는 자외선 광원을 연속적으로 방사함으로써 앞에서 설명한 광화학적 효과를 이용하여 내부 가스를 일정 수준의 순도로 유지한다. 이는 반응케미컬의 오염을 방지하는데 있어서 유리하다.

- 또한, 위에서는 광원으로서 자외선 램프(48)를 사용한 것으로 설명하였으나, 자외선 램프(48) 대신 레이저 발생장치를 사용할 수도 있다. 물론, 레이저 발생장치는 레이저를 이용하여 정화기능을 수행할 뿐 자외선 램프(48)와 동일한 기능을 수행한다.
- 이때, 자외선 램프(48) 또는 레이저 발생장치에서 방출되는 자외선 또는 레이저는 수분과 수산기, 수소 또는 수소 불순물을 제거하는 역할만을 수행하고, 반응케미컬의 전송에 있어서 유량조절 특성에는 영향을 미치지 않는 것이 바람직하다. 따라서, 자외선 램프(48) 또는 레이저 발생장치에서 방출되는 자외선 또는 레이저의 파장대는 상술한 관점을 고려하여 정해진다. 또한, 자외선 또는 레이저에 의해서  $N_2$ , He, Ar과 같은 비활성 가스 내의 수분 함량은 10ppm 이하로 유지되는 것이 바람직하다.
- 버블러 시스템(40)의 내부를 비활성 가스분위기로 유지할 때, 버블러(42) 주위의 외부 압력이 이상적으로 클 경우 버블러 내부 압력이 변하기 때문에 반응케미컬의 정확한 전송량을 통제하기가 어렵다. 따라서 버블러 캐비닛(44) 내부의 압력은 대략 0.5~1.5atm인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 대기압보다 10%를 초과하지 않는다.
- 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 광섬유 모재 제조장치는 MCVD 공법을 통한 종래의 광섬유 모재 제조에 관한 장치를 보다 개선하였다. 즉, 본 발명은 MCVD 공법의 증착공정에서 반응영역으로의 수분 및 수소 성분의 유입을 통제하고 있기 때문에, 탈수공정을 추가하여 제조한 무수화 광섬유의 경우 1385nm에서의 수산기에 의한 광흡수 손실이 현저하게 감소하였다. 이는 도 7에 도시된 손실 그래프를 통해 알 수 있다. 그러나 탈수공정이 추가되었을 경우에는 다공성 실리카 상태로 증착이 이루어지기 때문에 내부 수분 또는 수소 성분의 유입에 의해 증착층 표면에 흡착되는 경우가 발생하며, 이에 따라 탈수소 또는 탈수산기 반응의 효율에 영향을 미친다. 이와 같은 영향으로 탈수공정 추가된 광섬유의 경우 1385nm의 수산기에 의한 광흡

수 손실은 그 표준편차가 0.011dB/km로 크게 나타나기 때문에 손실의 감소 및 무수화 광섬유의 생산성에서 문제가 있었다. 그러나 수정화학 기상장치의 수분 및 수소 성분의 유입을 차단했을 경우 수산기에 의한 광흡수 손실의 경우 표준편차가 66%까지 현저하게 작아질 뿐만 아니라 1385nm에서의 평균 손실이 감소함을 알 수 있으며, 이에 따라 무수화 광섬유의 생산성 측면에서 대기 수분 및 수소 성분의 유입의 영향을 제거하는 것이 광섬유 프리폼 제조 공정상에서 중요함을 알 수 있다. 이러한 수정화학 기상장치의 개선사항을 일반 단일모드 광섬유 제조에 적용하였을 때 실제 데이터들을 보면 일반적인 단일 모드 광섬유의 경우는 표 1에서 보는 바와 같이 1385nm에서는 평균적으로 약 16%의 손실 감소를 보이고 있으며, 표준편차 또한 감소함을 알 수 있다.

72&gt; 【표 1】

|             |             | 종래기술       | 본 발명       |
|-------------|-------------|------------|------------|
| 일반 단일모드 광섬유 | 평균손실@1383nm | 0.490dB/km | 0.411dB/km |
|             | 표준편차@1383nm | 0.051dB/km | 0.013dB/km |
|             | 평균손실@1310nm | 0.333dB/km | 0.331dB/km |
|             | 표준편차@1310nm | 0.001dB/km | 0.001dB/km |
| 무수화 광섬유     | 평균손실@1383nm | 0.320dB/km | 0.310dB/km |
|             | 표준편차@1383nm | 0.011dB/km | 0.004dB/km |
|             | 평균손실@1383nm | 0.340dB/km | 0.337dB/km |
|             | 표준편차@1383nm | 0.002dB/km | 0.001dB/km |

<73> 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본

발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

【발명의 효과】

- 74> 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치는 캐비닛 내를 질소 분위기로 유지함으로써 반응영역으로의 수분 및 수소 성분의 유입을 통제하고, 그로 인해 수산기에 의한 광흡수 손실이 현저하게 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.
- 75> 또한, 본 발명은 로터리 커넥터에 관련된 연결부분을 봉합 챔버로 밀봉한 후 질소 분위기를 만들고, 버블러 시스템 내부 또한 질소 분위기로 만듦으로써 수분 및 수소 성분의 유입을 원천적으로 봉쇄할 수 있다.
- 76> 또한, 각 영역으로 유입되는 질소 유입부분에는 가스정제기를 설치하여 질소 내의 수소 함유량을 적절한 수준으로 통제하는 것이 가능하다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

쿼츠튜브가 설치된 헤드스탁, 버블러 시스템 및 상기 헤드스탁과 상기 버블러 시스템을 연결하는 로터리 커넥터를 포함하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치에 있어서,

상기 헤드스탁은 열 배출구가 형성된 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 캐비닛 내에는 비활성 가스를 공급하여 상기 캐비닛 내부를 비활성 가스 분위기로 만들기 위한 비활성 가스토치가 설치되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

## 【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 비활성 가스토치는 평형 다중 분사구 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

## 【청구항 3】

제 2항에 있어서,

상기 비활성 가스토치에 의해 분사되는 비활성 가스의 분사압력은 수정화학기상증착공정에서 화염의 형태 및 상기 쿼츠튜브에 전달되는 온도에 영향을 주지 않는 값으로 선택되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

## 【청구항 4】

제 2항에 있어서,

상기 비활성 가스토치에는 비활성 가스 내의 수분 함량을 조절하기 위한 가스정제기가 설치되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 5】**

제 4항에 있어서,

상기 가스정제기는 비활성 가스 내의 수분 함량을 100ppm 이하로 유지시키는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 6】**

제 1항 내지 제 5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비활성 가스는  $N_2$ , He, Ar 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 7】**

제 1항에 있어서,

상기 로터리 커넥터는 봉합 챔버에 의해 외부와 밀폐되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 8】**

제 7항에 있어서,

상기 봉합 챔버에는 비활성 가스의 유입 및 유출을 위한 유입관 및 유출관이 형성되고, 상기 봉합 챔버의 내부는 비활성 가스 분위기로 유지되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 9】**

제 8항에 있어서,

상기 유입관에는 비활성 가스 내의 수분 함량을 조절하기 위한 가스정제기가 설치되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 10】**

제 9항에 있어서,

상기 봉합 챔버에 유입되는 비활성 가스의 수분 함량은 10ppm 이하로 유지되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 11】**

제 7항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 봉합 챔버 내의 압력은 0.5~1.5atm으로 유지되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 12】**

제 7항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 봉합 챔버 내의 압력은 대기압보다 10%를 초과하지 않도록 제어되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 13】**

제 7항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비활성 가스는  $N_2$ , He, Ar 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.



## 【청구항 14】

제 1항에 있어서,

상기 버블러 시스템은 철제 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 철제 캐비닛 내에는 비활성 가스가 공급되어 상기 버블러 시스템을 비활성 가스 분위기로 유지하기 위한 비활성 가스 토치가 설치되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

## 【청구항 15】

제 14항에 있어서,

상기 비활성 가스 토치는 평형 다중 분사구 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

## 【청구항 16】

제 15항에 있어서,

상기 철제 캐비닛에는 상기 버블러 시스템 내의 수소 또는 수소 불순물을 제거하기 위해 자외선을 방사하는 자외선 램프가 설치된 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

## 【청구항 17】

제 16항에 있어서,

상기 자외선 램프에 의해 방사되는 자외선은 400nm 이하의 파장대를 갖는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

## 【청구항 18】

제 16항에 있어서,

상기 자외선 램프에 의해 방사되는 자외선은 수분, 수산기, 수소 및 수소 불순물 제거는 가능하나 반응케미컬의 유량조절특성에는 영향을 주지 않는 파장대를 갖는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 19】**

제 15항에 있어서,

상기 철제 캐비닛에는 상기 버블러 시스템 내의 수소 또는 수소 불순물을 제거하기 위해 레이저를 방사하는 레이저 발생장치가 설치된 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 20】**

제 19항에 있어서,

상기 레이저 발생장치에 의해 방사되는 레이저는 400nm 이하의 파장대를 갖는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 21】**

제 19항에 있어서,

상기 레이저 발생장치에 의해 방사되는 레이저는 수분, 수산기, 수소 및 수소 불순물 제거는 가능하나 반응케미컬의 유량조절특성에는 영향을 주지 않는 파장대를 갖는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 22】**

제 14항 내지 제 21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 철제 캐비닛 내에서 비활성 가스 내의 수분 함량은 10ppm 이하로 유지되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 23】**

제 14항 내지 제 21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 철제 캐비닛 내의 압력은 0.5~1.5atm으로 유지되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 24】**

제 14항 내지 제 21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 철제 캐비닛 내의 압력은 대기압보다 10%를 초과하지 않는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 25】**

제 14항 내지 제 21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비활성 가스는  $N_2$ , He, Ar 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

**【청구항 26】**

쿼츠튜브가 설치된 헤드스탁, 버블러 시스템 및 상기 헤드스탁과 상기 버블러 시스템을 연결하는 로터리 커넥터를 포함하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치에 있어서,

상기 헤드스택은 열 배출구가 형성된 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 캐비닛 내에는 비활성 가스를 공급하여 상기 캐비닛 내부를 비활성 가스 분위기로 만들기 위한 비활성 가스토치가 설치되고,

상기 로터리 커넥터는 봉합 챔버에 의해 외부와 밀폐되어 비활성 가스 분위기로 유지되고,

상기 버블러 시스템은 철제 캐비닛에 의해 대기와 차단되고, 상기 철제 캐비닛 내에는 비활성 가스가 공급되어 상기 버블러 시스템을 비활성 가스 분위기로 유지하기 위한 비활성 가스토치가 설치되는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

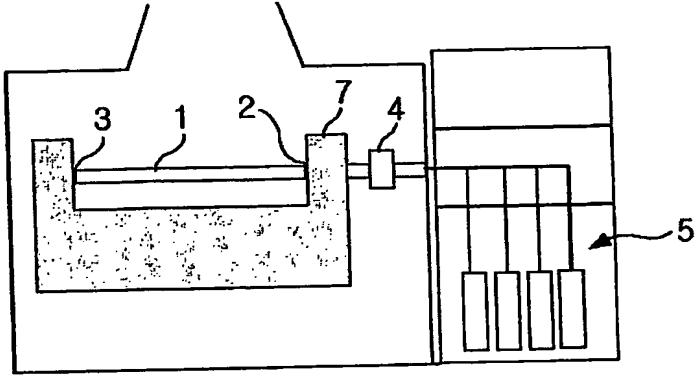
【청구항 27】

제 26항에 있어서,

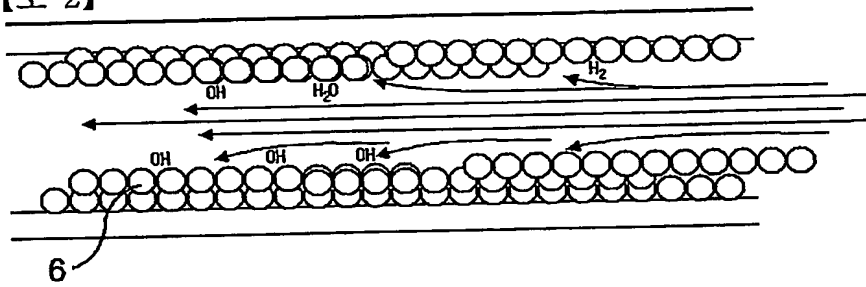
상기 비활성 가스토치는 평형 다중 분사구 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 수정화학기상증착용 광섬유 모재 제조장치.

【도면】

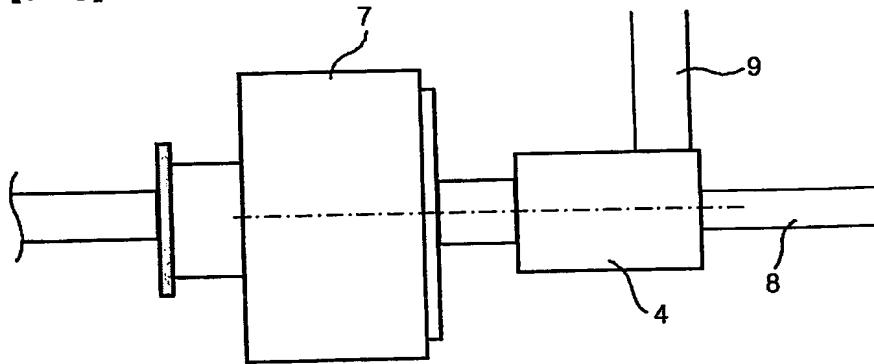
【도 1】



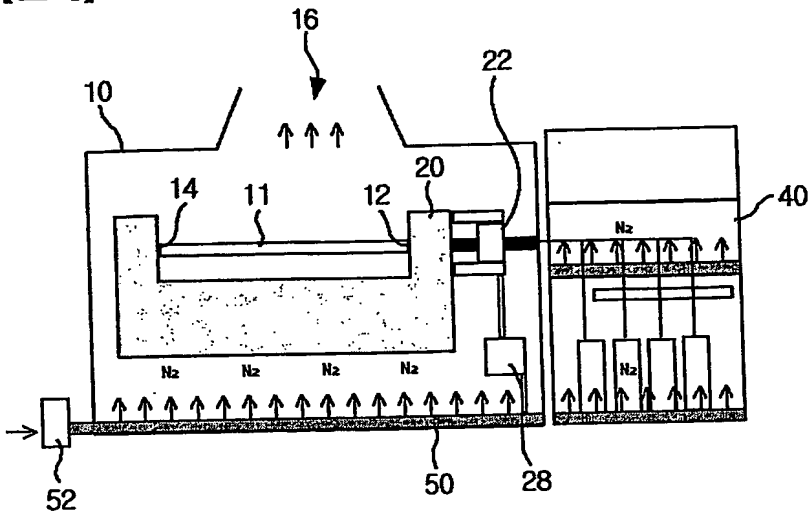
【도 2】



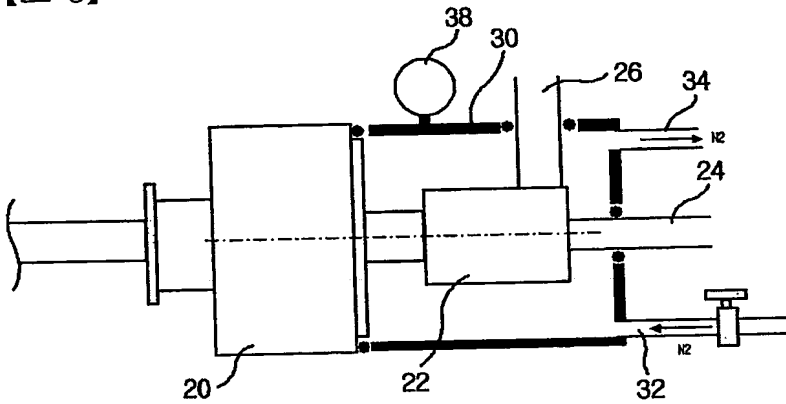
【도 3】



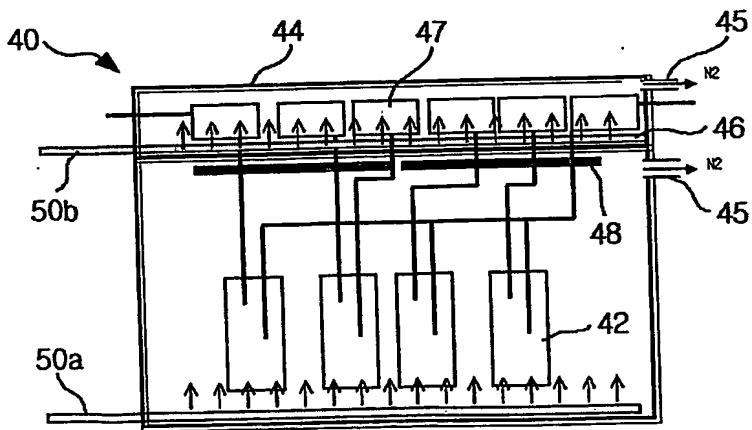
【도 4】



【도 5】



【도 6】



【도 7】

